

Andrade, María Isabel; Lucioni, Nora Claudia; Iezzi, Laura Estefanía

Factores de riego hídrico en el Gran La Plata, Argentina

IX Jornadas Nacionales de Geografía Física

19 al 21 de abril de 2012

*Andrade, M.; Lucioni, N.; Iezzi, L. (2012). Factores de riego hídrico en el Gran La Plata, Argentina. IX Jornadas Nacionales de Geografía Física, 19 al 21 de abril de 2012, Bahía Blanca, Argentina. En Memoria Académica. Disponible en:
http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.11008/ev.11008.pdf*

Información adicional en www.memoria.fahce.unlp.edu.ar



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

FACTORES DE RIESGO HÍDRICO EN EL GRAN LA PLATA, ARGENTINA

Andrade, María Isabel¹ ; Lucioni, Nora Claudia¹ ; Iezzi, Laura Estefanía¹

¹Centro de Investigaciones Geográficas / Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales (IdIHCS). FaHCE/UNLP-CONICET.
miandrade16@yahoo.com.ar
noraclucioni@gmail.com
laura_ei@hotmail.com

RESUMEN

En esta presentación se realiza un análisis de las inundaciones en el Gran La Plata (Región Pampeana, Argentina) desde la *Teoría Social del Riesgo*.

Se identifican las relaciones entre los procesos naturales y los procesos sociales de las inundaciones. Además, se establecen criterios para la construcción de una metodología de evaluación de riesgo de inundación.

La metodología aplicada se basa en la construcción de un modelo de análisis de riesgo de inundación a partir del tratamiento de los componentes básicos: peligrosidad, exposición, vulnerabilidad e incertidumbre.

A partir de la elaboración de los resultados se definen pautas para establecer niveles de vulnerabilidad.

Se presentan mapas de ocurrencia de inundaciones y se identifican prioridades de intervención.

El análisis se realiza con utilización de la tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección.

Palabras Clave: riesgo hídrico, inundaciones, vulnerabilidad, incertidumbre, SIG

ABSTRACT

In this presentation, we analyzed the flooding problem in the area of Gran La Plata (Pampean Region, Argentina) from the Social Theory of Risk.

We identified relationships between natural and social processes of flooding. Moreover, we established criteria for the development of a methodology for the evaluation of flood risk.

The applied methodology it is based on the construction of a flood risk analysis model, from the treatment of its basic components: dangerousness, exposition, uncertainty and vulnerability.

From the obtained results we define guidelines to establish vulnerability levels.

We expound flood occurrence maps to identify priorities of intervention.

The approach was complemented with use of Geographic Information System (GIS) and remote sensing.

Key words: *Hydric risk - Flooding – Vulnerability - Uncertainty – GIS.*

Introducción

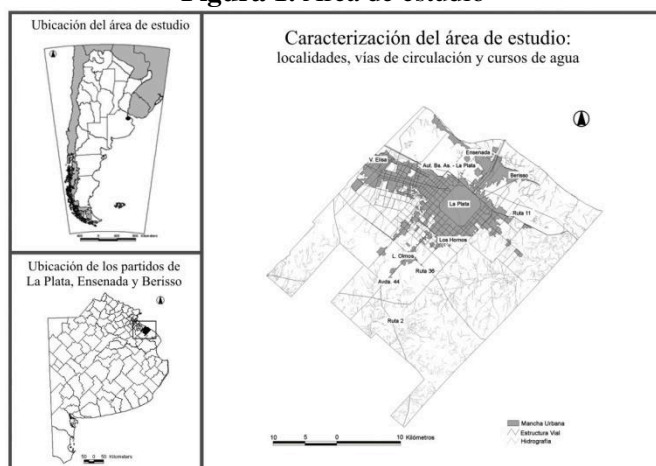
El presente trabajo analiza las inundaciones desde una perspectiva integral, en la cual el factor climático/natural no es la única explicación posible, sino que éste es simplemente un suceso que detona una posible situación de desastre, dependiendo de las acciones humanas desarrolladas previo, durante y posteriormente a su ocurrencia y de la situación socioeconómica preponderante en el área en cuestión. En palabras de Hilda Herzer (1990:4), se define al desastre como el “*resultado de acciones humanas; que no se trata de un acontecimiento físico, sino de un proceso social, económico y político desencadenado por un fenómeno natural*”.

Se incorporan al análisis tradicional que contempla exclusivamente variables físicas, variables socioeconómicas, ya que el resultado de un desastre sobre la sociedad dependerá del grado de *vulnerabilidad* que ésta presente. Tendrá lugar un desastre cuando se “*supera la capacidad material de sectores de la población para absorber, amortiguar o evitar los efectos de dicho acontecimiento*” (Herzer, H., op cit). El desastre es en realidad indicador de la falta de soluciones a problemas preexistentes, como por ejemplo la pobreza. Por otra parte, no se puede seguir considerando en los planes y proyectos de gestión, los problemas de deterioro ambiental y de vulnerabilidad social como una *externalidad*. Por el contrario, estos constituyen factores centrales en la búsqueda de soluciones a los problemas planteados previamente.

Los principales objetivos de este trabajo son el análisis de las relaciones entre los procesos naturales y los procesos sociales que influyen sobre las inundaciones en el área de estudio y la identificación de criterios para la construcción de una metodología de evaluación de riesgo de inundación.

El área de estudio comprende el aglomerado de Gran La Plata, integrado por los Partidos de Berisso, Ensenada y La Plata, en la provincia de Buenos Aires, Argentina (Fig. 1).

Figura 1. Área de estudio



Metodología

La metodología propuesta, se basa en la construcción de un modelo de análisis de riesgo de inundación a partir del tratamiento de sus componentes básicos:

- **Peligrosidad** es el potencial de peligro inherente a los fenómenos naturales que puede agudizarse por acciones humanas. En este trabajo se identifica la peligrosidad teniendo en cuenta la evolución espacial y temporal de las precipitaciones, la red hidrográfica superficial, la ocurrencia de las inundaciones, la altimetría del área, los usos de suelos y las obras de infraestructura que afectan el escurrimiento.
- **Exposición** hace referencia a la distribución territorial de las personas y bienes que pueden verse afectados ante un evento catastrófico. La exposición precisa la interrelación entre peligrosidad y vulnerabilidad. Su construcción se elabora mediante la interpretación cartográfica y teledetección de usos de suelo y población afectada, para identificar áreas críticas.
- **Vulnerabilidad** es la capacidad de hacer frente a un evento catastrófico. Se haya condicionada por la situación socioeconómica previa a la ocurrencia del evento. En este trabajo se han recolectado datos socioeconómicos de los últimos Censos Nacionales de Población y Vivienda (1991, 2001 y 2010), así como de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) del aglomerado del Gran La Plata para la última década.
- **Incertidumbre** alude a las limitaciones en el estado del conocimiento y las indeterminaciones jurisdiccionales y administrativas, así como normativa (*incertidumbre*

técnico-científica e incertidumbre político-administrativa). Para analizar este componente se ha realizado un relevamiento de los proyectos nacionales, provinciales y municipales referidos al manejo de las inundaciones según fase alcanzada y resultados obtenidos, de las normas en materia de uso y ocupación del suelo, de los planes y programas de evacuación de la población afectada y sistemas de emergencia.

Materiales y Métodos

Se utilizaron datos meteorológicos de la Estación Meteorológica La Plata Aero (-34° 58', -57° 54', 23 m.s.n.m.) del período 1961 – 2010 del SMN. Se procesaron las fechas y características (Monto, Duración, Altura) de los eventos de inundaciones obtenidos del *Diario El Día* de la localidad de La Plata, realizándose en cada caso la verificación con los datos de precipitación de la Estación Meteorológica.

El sistema vectorial de información geográfica fue desarrollado bajo el entorno de Arcview Gis® con sus aplicaciones en Spatial Analyst®, 3dAnalyst®; en donde se llevó a cabo el proceso de modelado, clasificación, digitalización, análisis y representación de los resultados finales en el entorno bidimensional y tridimensional. El procesamiento digital de imágenes satelitales Landsat TM de los años 1986 y 2000 se realizó con ER-Mapper®. El procesamiento digital de imágenes radar SRTM para la construcción de la topografía desarrollada en esta investigación fue mediante el software ENVI®.

El marco de análisis de este trabajo, consiste en el tratamiento de las inundaciones en el área de estudio desde la *Teoría Social del Riesgo*, según la cual se estudian los riesgos a determinados eventos "catastróficos" desde el reconocimiento que el abordaje realizado por la ciencia "normal" es insuficiente para el tratamiento de estas temáticas. Entendemos por ciencia "normal" aquella que responde al paradigma vigente. La visión reduccionista que ésta aplica, deja afuera problemas importantes y/o manipula técnica o cuantitativamente variables de difícil cuantificación, como por ejemplo la incertidumbre (Funtowicz, 1994). La existencia de problemas ambientales reales, concretos, que afectan a una población real y concreta, suponen la búsqueda de herramientas metodológicas en un nuevo estilo de actividad científica que tenga en cuenta que lo "normal" puede ser la *incertidumbre* y la *impredictibilidad*.

En el marco de los diferentes procesos catastróficos que amenazan vastas regiones de la provincia de Buenos Aires, Argentina; el de las inundaciones ocupa un lugar relevante, por las consecuencias complejas que generan tanto a nivel social como físico-material. Sin embargo, pareciera que las estrategias de gestión aún no han encontrado una solución eficaz para estos problemas complejos; cuyos alcances se han ido intensificando espacial y temporalmente. Una prueba de ello, entre muchas otras, es la falta de información sistemática para evaluar el problema desde una perspectiva integral. Hay mucho esfuerzo invertido por muchos sectores en el tratamiento de esta temática que todavía no ha dado los frutos esperados.

Las condiciones concretas en que cada grupo afectado se pueda preparar o reconstruir frente a una catástrofe pueden ser muy diferentes. (Blaikie et al, 1998). Así, "vulnerabilidad es un término relativo y específico, que siempre implica una vulnerabilidad a una amenaza particular"; en el caso que nos ocupa, las inundaciones. La vulnerabilidad social es una dimensión que permite identificar diferentes respuestas ante un mismo fenómeno, y establecer grados de exclusión.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

El área de estudio

Caracterización climática.

El clima que predomina en esta área es el templado húmedo producto de su ubicación latitudinal y la importante influencia de la cercanía al Océano Atlántico. Se trabajó con los datos estadísticos de temperatura y precipitación de la estación meteorológica del SMN, La Plata Aero

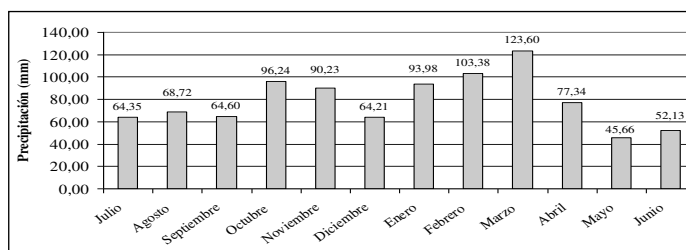
para el período 1961 - 2000, como con datos diarios de precipitación correspondientes a dicha estación. La temperatura es un elemento climático que presenta menores variaciones temporales. El período estudiado fue de 1961 a 1990, la serie permite obtener resultados estadísticamente válidos. Las temperaturas medias en el verano alcanzan valores de 22,6 °C y las más bajas, durante el invierno, 9,2 °C o sea presenta una amplitud térmica de 13,4 °C. En lo que respecta a la temperatura media anual ésta es 16,0 °C. En el Cuadro 1 se muestra la marcha de la precipitación media anual y en él se observa un aumento en las precipitaciones a lo largo del tiempo, principalmente en la década 1981-1990, para luego comenzar un descenso en la década 2001-2010.

Cuadro 1. Valores medios anuales de precipitación.

Décadas	La Plata Aero
1961 - 1970	934,0
1971 - 1980	1001,0
1981 - 1990	1092,6
1991 - 2000	1070,8
2001-2010	900,2
Promedio	1024,6

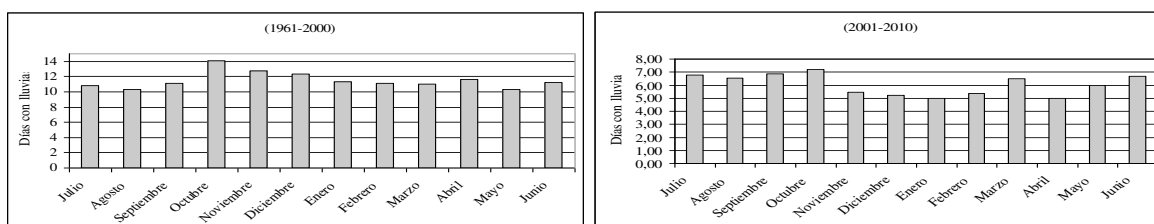
En el Gráfico 1 se observa la marcha de la precipitación media mensual para la estación meteorológica La Plata Aero, destacándose que los meses de Febrero y Marzo que alcanzan valores mayores. A grandes rasgos podemos destacar que según estos datos, en los tres primeros meses del año llueve cerca de un tercio el total anual.

Gráfico 1. Precipitación Media Mensual, La Plata Aero (1961-2010)



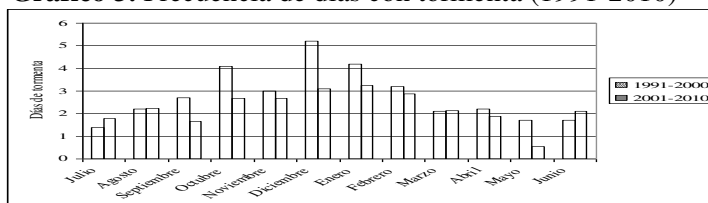
Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del SMN.

Gráfico 2. Frecuencia de días con lluvias (1961-2010)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del SMN.

Gráfico 3. Frecuencia de días con tormenta (1991-2010)

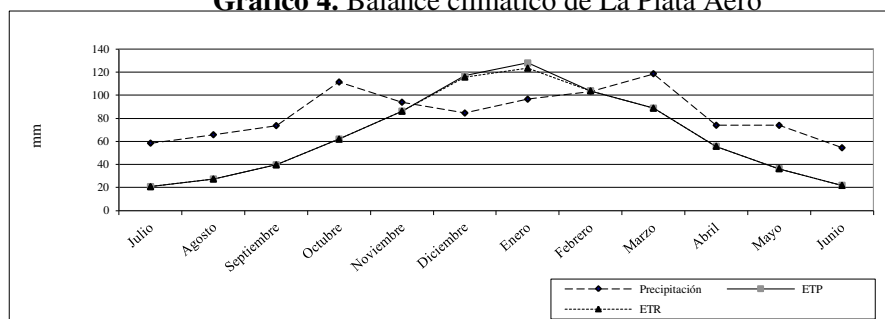


Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del SMN.

En los gráficos de frecuencia de días con lluvia (Gráfico 2) para los meses del año, considerando el registro completo de datos, encontramos que en el primer gráfico correspondiente a las décadas 1961-2000, en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre llovió mayor cantidad de días. Sin embargo, en la última década (2001-2010) encontramos que los meses que sufrieron más días lluviosos fueron julio, septiembre y octubre. Si lo comparamos con el Gráfico 1, podría decirse, que en los casos de los meses de octubre y marzo la cantidad de días con lluvia y la precipitación media son elevados. Ocurre lo contrario durante junio, julio,

agosto y septiembre que tienen una cantidad de precipitación por debajo de la media anual, pero registran varios días de lluvia, lo que da cuenta que en esos meses las precipitaciones son menos severas. Finalmente, en el Gráfico 3 comprobamos que las tormentas se dan predominantemente durante los meses más cálidos, a partir de septiembre e intensificándose en octubre, noviembre, diciembre y enero, para comenzar a reducir su cantidad de días a partir de febrero. Con los valores medios de temperatura y precipitación de la estación La Plata Aero se realizó el balance climático según Thornthwaite - Mather (1955) que se muestra en el Gráfico 4. Se recuerda que para su cálculo se considera un valor de 300 mm de Capacidad de Campo.

Gráfico 4. Balance climático de La Plata Aero



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del SMN.

Se puede observar que a lo largo del año la marcha de la evapotranspiración potencial (ETP) es acompañada muy de cerca por la de la evapotranspiración real (ETR). La precipitación tiene dos picos, como se señaló anteriormente, en Octubre y Marzo. Este hecho provoca que en verano asociada a la mayor demanda atmosférica aparezcan pequeños valores de deficiencia de agua en el suelo. El almacenaje de agua en el mismo se halla siempre por encima de los valores de Agua Útil o en Capacidad de Campo. Esto implica que la provisión de agua en el suelo siempre es buena.

Con la finalidad de completar este análisis y conocer el tipo de clima del área de estudio, se han aplicado dos clasificaciones climáticas. En primer lugar, se ha aplicado la clasificación climática de Thornthwaite (1948) resultando el algoritmo $B_1 B'_3 r c'_2$, o sea: clima húmedo, mesotérmico (lo que significa con temperaturas moderadas), con escasa deficiencia de agua y con más del 70% de concentración estival de la eficiencia térmica (lo que implica que la mayor necesidad de agua está circunscripta al semestre cálido). La clasificación de Strahler (1989) aplicada en segundo término, resulta "de latitudes medias (controlados por masas de aire tropical y polar) **Cfa**: Clima subtropical húmedo para latitudes 20° a 35° N y S, propios de los márgenes orientales y subtropicales de los continentes, dominados por masas de aire marítimo húmedo (mT) que proceden de los bordes occidentales de los anticiclones oceánicos. En el verano, la precipitación es abundante y las temperaturas cálidas mientras que los inviernos son fríos y se producen frecuentes invasiones de masas de aire continental polar (cP)". Ambas clasificaciones concuerdan en sus resultados.

Caracterización socio demográfica

El crecimiento relativo de la población en el Gran La Plata en el período intercensal 2001/2010, presentó valores similares en los tres municipios, registrándose en Berisso y en La Plata, un incremento levemente inferior al promedio de la provincia.

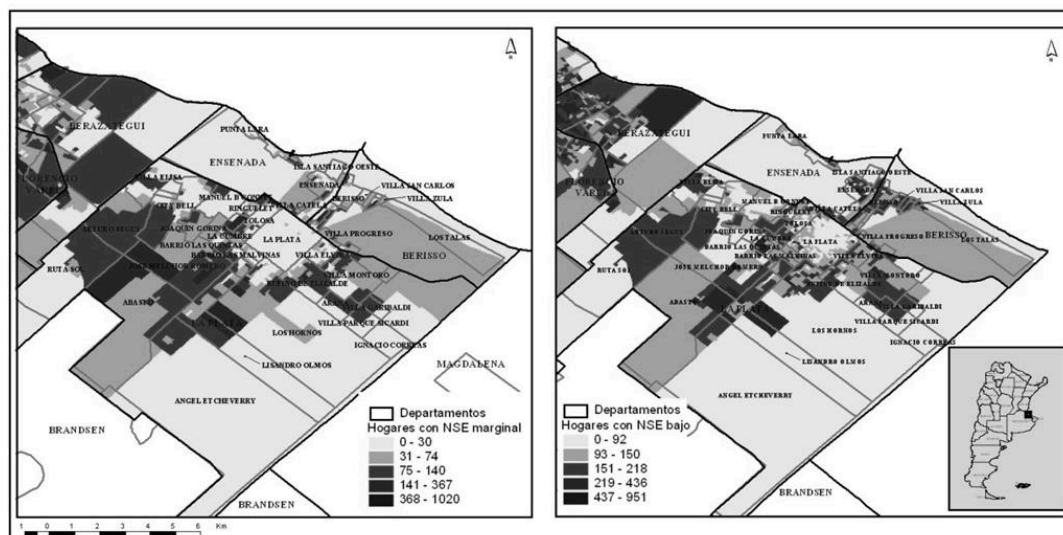
Cuadro 2. Cantidad de población por partido y crecimiento poblacional.

Partidos	Población Censo 2010 (provisionales)	Población Censo 2001	Población Censo 1991	Variación porcentual 01/2010 (%)	Variación porcentual 91/2001 (%)
Berisso	88.123	79.862	74.761	10.34	6.4
Ensenada	55.629	51.241	48.237	8.56	5.9
La Plata	649.613	571.416	542.984	13.68	5.0
Provincia	15.323.425	13.760.969	12.594.974	11.35	8.5

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de Dirección Provincial de Estadística y Planificación General. Provincia de Buenos Aires y Censos Nacionales de Población y Vivienda (1991, 2001 y 2010).

El municipio cuenta con 649.613 habitantes y 265.677 viviendas particulares. En 1991 el total de viviendas era de 158.076, lo que da cuenta del crecimiento de la capacidad habitacional del partido: en 20 años la cantidad de viviendas se incrementó en un 68%. A grandes rasgos podemos decir que la población con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) se concentra principalmente en zonas de la periferia del partido, destacándose Olmos, El Peligro, Arturo Seguí, Romero y Abasto, localidades que registran fuertes incremento de la población que no ha sido acompañada con el aumento de los servicios básicos. Según los datos del Censo Nacional de Población 2010, el partido de Berisso cuenta con 88.123 habitantes y 30.688 viviendas particulares; y el Partido Ensenada cuenta con 55.629 habitantes y 19.975 viviendas particulares. La Figura 2 señala que el patrón de mayor concentración de hogares con niveles socioeconómicos marginal y bajo se visualiza en general, en los sectores periféricos a la localidad de La Plata. Mientras que las localidades del sector suroeste del aglomerado, tales como Arturo Seguí y José Melchor Romero son las que mayor porcentaje de concentración de hogares con niveles socioeconómico marginal y bajo presentan.

Figura 2. Nivel Socioeconómico marginal y bajo de Gran La Plata



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Censo Nacional de Población 2010 (INDEC) y Encuesta Permanente de Hogares (INDEC).

Los tres municipios presentan condiciones sociodemográficas similares. Asimismo, es importante destacar que en los tres municipios los porcentajes más elevados de población con NBI, se concentran en las periferias de los núcleos urbanos, coincidiendo esto, con las zonas de mayor crecimiento demográfico de las últimas décadas.

Las inundaciones en la Cuenca Parano-Platense

Las inundaciones en la Cuenca deben su ocurrencia a dos factores: precipitaciones intensas en la alta cuenca y el fenómeno de sudestada. En cuanto al primer fenómeno, el derrame de grandes volúmenes de agua causados por precipitaciones intensas en la alta cuenca se suma el efecto de las precipitaciones intensas que tiene lugar localmente. Este proceso puede verse potenciado a

fin del verano y comienzos del otoño cuando se producen precipitaciones por encima de lo normal. Esta situación contribuye a aumentar la humedad de los suelos, haciendo que las aguas permanezcan en la región por largo tiempo.

Otro fenómeno que favorece al riesgo de inundaciones es el de la sudestada* que afecta principalmente a la zona del río de La Plata, sur de la provincia de Entre Ríos y nordeste de la provincia de Buenos Aires, y está acompañada por lluvias. La sudestada genera siempre una crecida del río sobre la margen Argentina del estuario. Los vientos generalizados del sector este- sudeste hasta el sector sud-sudeste ejercen un efecto de fricción sobre las aguas del río de la Plata, que es opuesta al sentido en que las mismas drenan. La acción de estos vientos se traduce en una acumulación de agua oceánica en la desembocadura del río. Tal acumulación de agua reduce la pendiente de descarga del río, de modo tal que las aguas provenientes de los cursos superiores se ven dificultadas en su drenaje natural, provocando un aumento en el nivel de las mismas. La intensidad de la crecida dependerá de la duración y la magnitud de la sudestada y de las lluvias que se produzcan en la zona. También se intensificará si los ríos Paraná y Uruguay bajan en crecida (Berri, 2001).

La recurrencia del fenómeno de inundación no se debe sólo a causas naturales, sino también a factores antrópicos, entre los factores naturales más relevantes se destacan: el régimen de precipitaciones, topografía del terreno plana, de muy bajo gradiente de pendiente y suelos hidromorfos de muy baja permeabilidad. Entre los factores antrópicos, pueden citarse: la pérdida en la capacidad de captar y almacenar agua de lluvia de los suelos por deterioro físico, el diseño de una red vial que condiciona la acumulación y movimiento del agua en superficie y la construcción de canales de manera anárquica, sin un criterio integral sobre el funcionamiento hidrológico regional. Cuando las lluvias superan la media histórica se produce una acumulación de agua en charcas o lagunas, el anegamiento de grandes extensiones de suelos y un muy lento traslado superficial del agua. La teledetección para el estudio de tierras afectadas por inundación-anegamiento ha sido ampliamente utilizada por diferentes autores†, gracias al contraste del agua con el resto de las cubiertas terrestres en el espectro electromagnético. Por otra parte, la combinación del procesamiento digital de imágenes provenientes de sensores remotos, con las posibilidades de análisis que ofrecen los SIG, también han sido satisfactoriamente utilizados para este tipo de estudios. Debido a que el escurrimiento superficial de una llanura es muy lento a nulo, la principal estrategia de manejo de los excedentes hídricos debe estar enfocada sobre los componentes verticales del balance hídrico, principalmente infiltración, evaporación y evapotranspiración.

Desde el punto de vista físico, las áreas de riesgo hídrico son aquellos espacios susceptibles de ser afectados ante eventos extremos, en este caso los excedentes producto de precipitaciones superiores a la media histórica, que a su vez, influyen en la posición relativa de los niveles freáticos, disminuyendo la capacidad de almacenaje subterráneo. Las llanuras aluviales de los ríos y arroyos, las planicies marginales de lagos, lagunas y bajos, son naturalmente espacios de máximo riesgo hídrico. El concepto de riesgo comprende a las actividades actuales o potenciales, agro-ganaderas o recreativas, la infraestructura instalada y las consecuencias socio-económicas de la afectación (salud, educación, transporte, comunicaciones, producción). En el caso de los ríos, la ocupación antrópica de las planicies aluviales reduce la sección de pasaje del agua e incrementa las superficies inundadas y la velocidad del curso, además, de afectar personas y bienes que no debería estar allí radicados (Hernández et al., 2003).

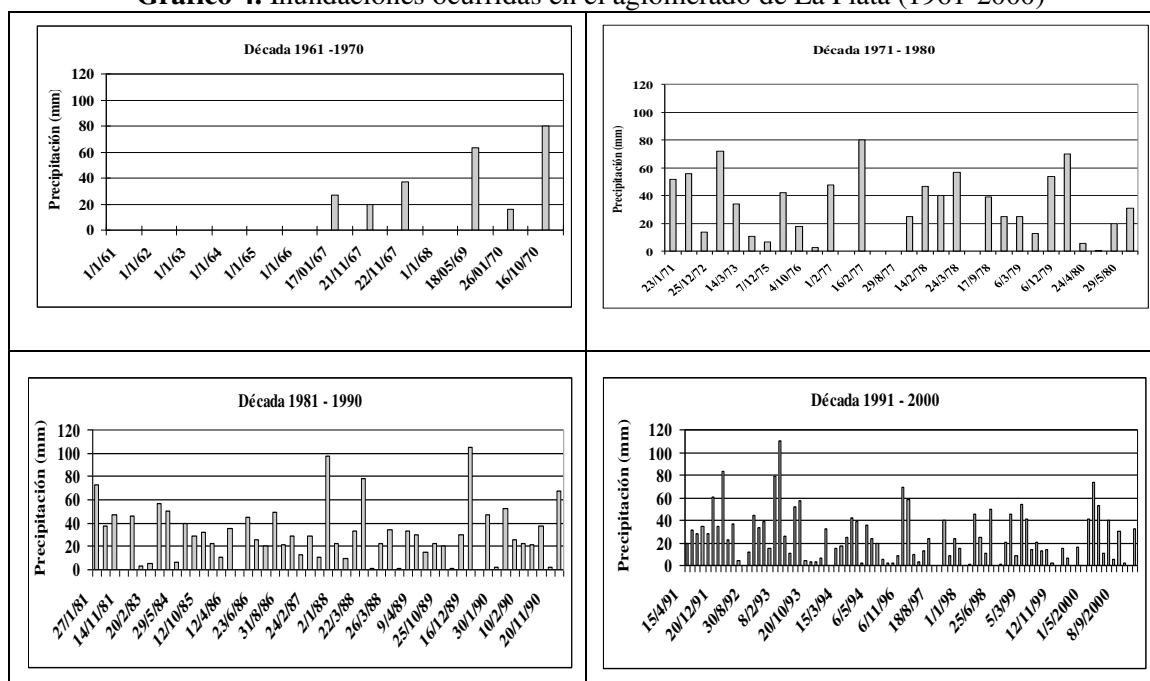
* Se identifica con el término de sudestada a un fenómeno que se caracteriza por la ocurrencia de vientos provenientes del sector sudeste, que soplan con persistencia regular y con intensidades moderadas a fuertes (Berri, 2001).

† Entre los principales autores que han utilizado la teledetección para el estudio de tierras afectadas por inundación-anegamiento pueden citarse: Andrade (2003), Chuvieco (2002), Degioanni et al. (2001), Del barco et al. (2003), González Alonso (1994), Rebella et al. (2003), Ormeño Vallejos (1993), Tchilinguirian et al. (2003), MOPU (1990), Ventimiglia et al. (2003).

En la secuencia de gráficos que se observa en el Gráfico 4, se muestra, para las décadas 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 y 1991-2000, los eventos de inundaciones en la localidad de La Plata, su fecha de ocurrencia y el monto de precipitación correspondiente. Los fechas de los mencionados eventos fueron obtenidos del *Diario El Día*, realizándose en cada caso la verificación con los datos de precipitación. Cabe señalar que el archivo de este periódico no está más accesible por razones internas a la Editorial, con lo cual la serie tomada de esta fuente, termina en el año 2000.

En la primera década, 1961-1970, el número de casos es muy pequeño dado que no está completa la información periodística. Se puede observar que los eventos de inundaciones se han incrementado en las últimas décadas, debidos muy probablemente al aumento de las precipitaciones anuales que ha llevado a un desplazamiento de las isohietas hacia el oeste. Desde 1970, las precipitaciones en el territorio argentino han manifestado un aumento, lo que ha significado que las diferentes regiones del país tengan variaciones en su monto de precipitación anual.

Gráfico 4. Inundaciones ocurridas en el aglomerado de La Plata (1961-2000)



Fuente: elaboración propia sobre la base del SMN y *Diario El Día*

Dado que las isohietas anuales tienen un diseño casi paralelo, de este a oeste, se han corrido en ese sentido. También se puede observar en la secuencia de gráficos (gráfico 4) que los montos de las precipitaciones asociadas a inundaciones se han incrementado, pues de máximos de 80 mm se ha pasado a 100 mm y aún más. En 1971 - 1980 se pueden contar 25 inundaciones mientras que en la década siguiente se duplican y durante la década 1991 - 2000 se han verificado 78 eventos. A partir del análisis completo de la información meteorológica y periodística, principalmente en la década 1991-2000, se observa que se registran inundaciones con montos muy bajos de precipitación debido al nivel elevado de la napa freática. Aunque no se pudo obtener registros de inundaciones para la década 2001-2010, se aprecia una disminución de las precipitaciones medias anuales (900,2 mm) para este período.

Ocurrencia de Inundaciones y Zonas de Riesgo de Inundación

El análisis de Ocurrencia de Inundaciones se realiza a partir de los registros relevados en el *Diario El Día* desde 1963 al 2000. Se generó un *Mapa de Ocurrencia de Inundaciones* donde se

representaron las zonas y tramos de calles, con registro de este fenómeno que resultó un producto original de este proyecto. Se observa la existencia de zonas bien diferenciadas que se inundan o se han inundado en algún momento (Fig. 3). Es de destacar, la coincidencia que la mayoría de las zonas anegables tienen con el recorrido de los cursos de arroyos entubados o áreas próximas a los mismos, como es el caso de las proximidades a la Avenida Circunvalación que rodea el casco urbano platense.

Mediante la utilización de imágenes satelitales Landsat TM (1986 y 2000), se determinaron las transformaciones territoriales y se identificaron usos productivos que podían influir en el drenaje natural. La figura 4 de **Zonas de Riesgo de Inundación**, ha sido elaborado a partir de la correlación de variables y superposición cartográfica de las zonas inundables detectadas por Defensa Civil y el *Diario El Día*; y la evolución de la mancha urbana; usos del suelo (algunos relevados mediante tratamiento digital de imagen y otros brindados por la Dirección de Planeamiento Urbano de la Municipalidad de La Plata y el SIOUT). La lectura se realizó a diferentes escalas: para el nivel general se trabajó a escala 1:100.000 y 1:50.000, y para un mayor nivel de detalle con la escala 1:20.000.

Figura 3. Ocurrencia de Inundaciones

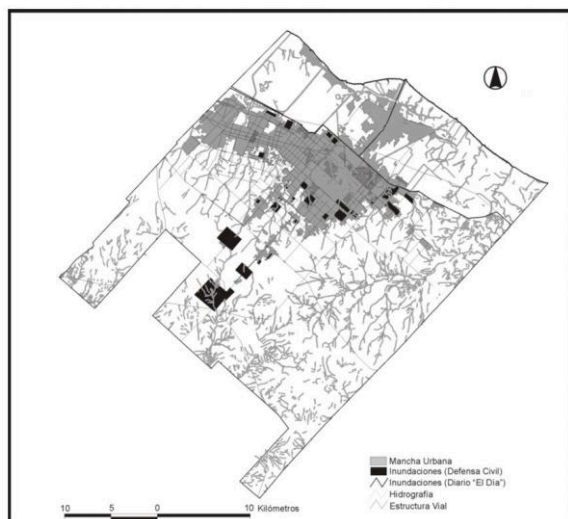
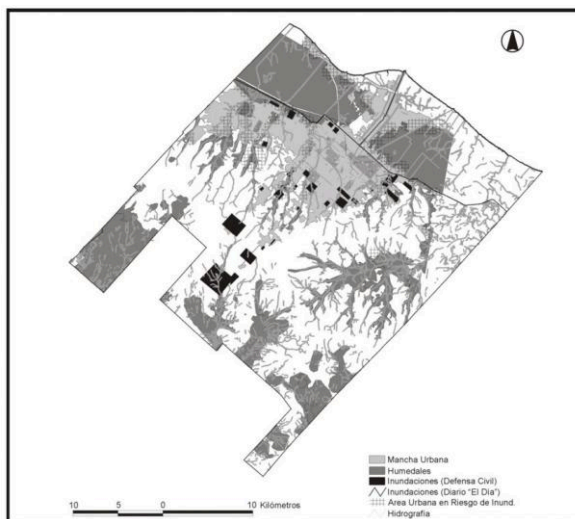


Figura 4. Zona de Riesgo de Inundación



Fuente: Andrade, M.I. et al. (2003)

Según datos del *Diario El Día* se registran escasos conflictos fuera del ámbito urbano y en todos los casos se trata de áreas colindantes a la mancha urbana de no más de un par de cuadras.

La superposición entre los mapas de Ocurrencia de Inundaciones y de Crecimiento de la Mancha Urbana en el período 1986-2000, se realizó para determinar en cuántos sitios el aglomerado urbano creció sobre zonas inundables. Por otra parte, se efectuó la superposición entre las Zonas Inundables y la Densidad de la Mancha Urbana. De este modo se determinó que en el casco fundacional donde se encuentra la mayor heterogeneidad de densidad, predominan las zonas críticas inundables con alta y media densidad. A medida que nos alejamos hacia la periferia las densidades en las zonas críticas son medias y bajas, aunque no desaparecen por completo las altas. Por último, se efectuó la superposición de Zonas inundables y Usos del Suelo, lo que permitió detectar la localización de equipamientos en grandes predios, conjuntos habitacionales y clubes de campo, en áreas inundables, tanto en la periferia como en el casco fundacional, y conjuntos habitacionales en la misma condición, pero fuera del radio urbano. Esta correlación permitió definir nuevas zonas con riesgo de inundación, que al superponerlas con las variables ya analizadas, dieron origen a nuevas áreas críticas, localizadas en general, en sectores que forman parte de las cuencas hidrográficas. Finalmente, el cruce de información referida a la problemática de las inundaciones, a partir de un SIG, permitió una determinación preliminar de zonas de riesgo.

CONCLUSIONES

La tecnología SIG combinada con la Teledetección resultó eficaz a los fines perseguidos en este proyecto. Es decir, este trabajo persiguió por un lado, construir una metodología de trabajo en la consideración de las siguientes características de superficie, relacionadas con las inundaciones:

- Topografía en general, la dirección de la pendiente del terreno y su rugosidad;
- Geomorfología en general; e
- Hidrología y la extensión de las inundaciones recurrentes.

Mientras que por otro lado, se procedió a la ejecución de técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales para la identificación de indicadores de exposición. Esto último podría complementar la información de los datos hidrológicos que en muchos países como el nuestro, son insuficientes o no existentes. Ya que, las evaluaciones del peligro de inundaciones, basadas en mediciones directas, pueden no ser posibles porque no hay una base para determinar los niveles específicos de inundación y los intervalos de recurrencia para determinados eventos. Por lo tanto, se pueden realizar modelos predictivos para evaluar el riesgo hídrico en base a datos de percepción remota, estudios multitemporales y complementados con trabajo de campo.

La tecnología de percepción remota es especialmente útil antes y durante el proceso de planificación regional. Con los métodos propuestos de teledetección espacial en este trabajo, las áreas de anegación pueden ser determinadas a una escala aproximada de hasta 1:50.000 en toda la cuenca fluvial de los ríos. La integración de la información obtenida mediante técnicas de teledetección espacial con otras variables geográficas en un Sistema de Información Geográfica facilitaron las tareas de generalización cartográfica, integración de variables espaciales, ejecución del modelado del relieve, almacenamiento y visualización de los resultados.

En el Gran La Plata, la marcha de la precipitación media anual aumenta a lo largo del tiempo, principalmente en la década 1981-1990, punto a partir del cual comienza a revertirse la tendencia. A escala anual, se destacan los meses de marzo, febrero y octubre que alcanzan los mayores valores, 702.519 mm. Las inundaciones en el gran La Plata se originan sobretudo por causas climáticas y edáficas. Sin embargo, los análisis realizados de la Evolución de la infraestructura de circulación y de la Ubicación de Obras de ingeniería hidráulica, así como de la Evolución de la mancha urbana y el desarrollo de Usos del suelo que modifican el drenaje, permiten afirmar que las causas de las inundaciones en el área en estudio, son intensamente agudizadas por factores antrópicos. Sería deseable que se preste la debida atención a este fenómeno para evitar consecuencias no deseadas.

Referencias bibliográficas

- ANDRADE, M.I. et. al (2003) "Planificación y gestión integral de los recursos hídricos. Caracterización del riesgo hídrico". En: MAIOLA, O.; GABELLONE, N. y HERNÁNDEZ, M. (ed.) *Inundaciones en la región Pampeana*. EDULP, La Plata. ISBN 950-34-0246-8.
- BECK, U. (1993) "De la sociedad industrial a la sociedad del riesgo. Cuestiones de supervivencia, estructural social e ilustración ecológica". En: *Revista de Occidente*, N° 150, México.
- BERRI, G. (2001) "Hidrometeorología de las inundaciones en la Argentina y en el AMBA". En: KREIMER, A., KULLOC, D. y VALDÉS, J. (ed.) *Inundaciones en el Área Metropolitana de Buenos Aires*, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, Washington, D.C., EE.UU.
- BLAIKIE, PIERS, CANNON; DAVIS Y WISNER (1996): *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Bogotá, LA RED/ITDG.
- FUNTOWICZ, S. (1994) "Epistemología política. Ciencia con la gente". En: *Serie Documentos e Informes de Investigación* N° 187, Mayo 1994, FLACSO, Buenos Aires, Argentina.
- HERNÁNDEZ, M., et al. (2003) "Importancia de la caracterización física del riesgo hídrico en la llanura húmeda". En: MAIOLA, O.; GABELLONE, N. y HERNÁNDEZ, M. (ed.) op cit.
- HERZER, H. (1990) *Los desastres no son tan naturales como parecen*. En: Medio Ambiente y Urbanización No. 30. Buenos Aires, IIED/AL.
- INDEC C Nac. de Población y Vivienda 1991, 2001 y 2010. Y Encuesta Permanente de Hogares.
- LUCIONI, N (2006) *Identificación de áreas con riesgo de inundación en la porción nordeste de la Provincia de Buenos Aires. Período 1980.2003*. Trabajo Final de Carrera de Especialización en Teledetección y SIG aplicados al estudio del medio ambiente. Universidad Nacional de Luján. Inédito.

Andrade, M. I.; Lucioni, N. C.; Iezzi, L. E., Factores de riesgo hídrico en el Gran La Plata, Argentina.
IX JORNADAS NACIONALES DE GEOGRAFIA FISICA BAHIA BLANCA, 19 al 21 de abril de 2012
14-24 pp ISBN 978-987-1648-32-0

REBELLA, C. Y D. GONIADZKI (2003) “Sistema de monitoreo hídrico para la Región pampeana central y Cuenca del Río Salado bonaerense”. En: *Inundaciones en la región pampeana*. Maiola, Gabellone y Hernández. Editores. EDULP. ISBN N° 950-34-0246-8. La Plata, Argentina.
Servicio Meteorológico Nacional (SMN). *Estadísticas Climatológicas*. Período 1961-2010.